

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

О.Ю. Свєткіна, С.М. Лисицька, О.В. Полулях

ХІМІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Методичні рекомендації

для самостійного вивчення та виконання індивідуальних завдань до розділу
«Органічні та полімерні матеріали» дисципліни «Хімія» студентами
напрямів підготовки 6.070106 Автомобільний транспорт
і 6.050503 Машинобудування

Дніпропетровськ
2016

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



ГІРНИЧИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра хімії

О.Ю. Свєткіна, С.М. Лисицька, О.В. Полулях

ХІМІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Методичні рекомендації

для самостійного вивчення та виконання індивідуальних завдань до розділу
«Органічні та полімерні матеріали» дисципліни «Хімія» студентами
напрямів підготовки 6.070106 Автомобільний транспорт
і 6.050503 Машинобудування

Дніпропетровськ
НГУ
2016

Светкіна О.Ю.

Хімія конструкційних матеріалів. Методичні рекомендації для самостійного вивчення та виконання індивідуальних завдань до розділу «Органічні та полімерні матеріали» дисципліни «Хімія» студентами напрямів підготовки 6.070106 Автомобільний транспорт і 6050503 Машинобудування / О.Ю. Светкіна, С.М. Лисицька, О.В. Полулях; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д. : НГУ, 2016. – 27 с.

Автори:

О.Ю. Светкіна, канд. хім. наук, доц.;

С.М. Лисицька, канд. с.-г. наук, доц.;

О.В. Полулях, канд. техн. наук, доц.

Затверджено методичною комісією з напрямку підготовки 6.070106 Автомобільний транспорт (протокол № 1 від 19.11.2015) за поданням кафедри хімії (протокол № 3 від 12.11.2015).

Методичні рекомендації мають на меті допомогти студентам у вивченні важливого прикладного розділу хімії – хімічних властивостей різних видів неметалевих матеріалів, а також конструкційних елементів, виготовлених на їх основі, з огляду на перспективу їх широко використання в сучасному машинобудуванні. Видання відповідає вимогам освітньо-кваліфікаційної програми підготовки студентів у галузях знань «Транспорт і транспортна інфраструктура» та «Механічна інженерія».

Відповідальний за випуск завідувач кафедри хімії, канд. хім. наук,
доц. Светкіна О.Ю.

ПЕРЕДМОВА

Освітньо-професійну програму напрямів підготовки 6.070106 Автомобільний транспорт та 6050503 Машинобудування спрямовано на засвоєння майбутніми фахівцями хімічної і механічної інформації про властивості конструкційних матеріалів у машинобудуванні, про критерії їх якості та надійності, а також стосовно впливу умов середовища на стабільність останніх. Пропоновані студентам методичні матеріали будуть корисними для закріплення набутих у лекційному курсі теоретичних відомостей з даної теми.

Обґрунтування раціонального вибору й доцільності практичного використання будь-якого конструкційного матеріалу (металевого, неметалевого та композиційного) в машинобудівній промисловості неможливе, насамперед, без вивчення його комплексних властивостей, хімічної природи.

Виконуючи індивідуальні завдання на тему «Хімія конструкційних матеріалів», студенти краще засвоюють лекційний матеріал, набувають навичок вивчення й аналізу літературних джерел.

Мета методичних рекомендацій:

- закріплення теоретичних знань про хіміко-механічні особливості конструкційних матеріалів у машинобудуванні, автомобільному транспорті та в транспортній інфраструктурі;
- опрацювання й засвоєння лекційного матеріалу обраної тематики;
- самостійне вивчення основних вимог, що висуваються до використання полімерних матеріалів, за рекомендованою літературою;
- виконання індивідуальних розрахунково-аналітичних завдань з даної теми.

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ХІМІЇ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

1.1. Загальна характеристика конструкційних матеріалів

Конструкційні матеріали – це сировина, з якої виготовляють деталі різних технічних об'єктів (машин, споруд), здатних в умовах дії багатьох факторів витримувати силове навантаження.

Розвиток сучасної машинобудівної галузі, у тому числі автомобільної, сприяв підвищенню вимог до якості та безпечності матеріалів виробничого призначення, а також вибору серед них новітніх і високотехнологічних видів.

До основних факторів, що формують умови експлуатації конструкційних матеріалів як елементів машин, відносять такі:

- хімічний та агрегатний стан середовища;
- його підвищена або низька температура;
- навантаження із змінним знаком;
- електропровідність середовища та ін.

За таких обставин основними критеріями якості конструкційних матеріалів машинобудівного призначення є параметри опору зовнішнім впливам, а саме, корозії, механічній і термічній дії, а також зносостійкість, пластичність, надійність, діелектричні властивості, здатність протистояти утворенню окалини тощо.

Конструкційні матеріали класифікують за різними ознаками.

1. За хімічною природою:

- а) металеві;
- б) неметалеві;
- в) композиційні (поєднують властивості зазначених вище).

2. За експлуатаційними умовами (термостійкі, корозійностійкі тощо).

3. За критеріями міцності (за запасом міцності або пластичності).

4. За технічними характеристиками, що залежать від способу виготовлення (шляхом деформації прокатом, штампуванням чи литтям).

Розглянемо характеристику конструкційних матеріалів за хімічною природою.

Клас металевих конструкційних матеріалів. До таких відносяться чавун і більшість марок сталі (окрім інструментальної, різних видів дроту тощо). Чавун – вуглецевмісний сплав з домішками марганцю, кремнію, фосфору, сірки – відрізняється від сталі не лише більшим вмістом вуглецю (понад 2,14 %), а й своїми технологічними властивостями (ліпшими ливарними показниками, низькою щільністю – $7,2 \text{ т/м}^3$ та меншою здатністю до пластичної деформації). Різні марки сталі характеризуються широким діапазоном показників надійності, динамічної міцності ($200\text{--}3000 \text{ мН/м}^2$), високою пластичністю (до 80 %), значною в'язкістю (3 МДж/м^2). Марки поліпшеної конструкційної сталі включають 0,3–0,5 % вуглецю.

В автомобілебудуванні найбільш широкого застосування набули низьколеговані сталі (у їх складі передбачено до 2,5 % певних хімічних елементів і забезпечено структуру з покращеними технологічними

властивостями) та різні сплави (наприклад, виготовлені на основі заліза, алюмінієві, магнієві, титанові, мідні, вольфрамові, нікелеві та ін.). Так, для ресор легкових автомобілів, пружин клапанів, високошвидкісних підшипників та інших відповідальних пружин, що працюють у високотемпературному середовищі (до 300 °С), використовують спеціальні марки автоматної сталі з високою зносо- і теплостійкістю та низькою чутливістю до механічних надрізів і тріщин.

Із різних сортів чавуну в машинобудуванні виготовляють станини, колінчасті та розподільні вали, поршні дизеля, коромисла клапанів, деталі механізму зчеплення, зубчасті колеса, циліндри двигунів внутрішнього згоряння, а також деталі, що працюють в умовах підвищеної температури (1200 °С) та окисного середовища. Міцність чавуну залежить від ступеня його легування, її значення перебуває в межах від 110 (з додаванням алюмінію) до 1350 мН/м² (легований магнієвий чавун).

Для тривалої роботи в умовах високої температури, як правило, використовують деталі, виготовлені з алюмінієвих, магнієвих і титанових сплавів.

У машинобудуванні (автомобілебудуванні) для виробництва литих конструкцій застосовують переважно магнієві сплави значного питомого об'єму (в 4 рази вищого, ніж решти конструкційних сталей), причому вони мають високу міцність (понад 400 мН/м²).

Клас неметалевих конструкційних матеріалів. До цієї групи відносять органічні й неорганічні полімерні матеріали, а саме, різні види пластмаси, гуми, клею, графіт, деревину, кераміку, скло, лакофарбові покриття.

Неметалеві конструкційні матеріали є важливим доповненням до металів, а в деяких випадках виступають їх заміниками.

Переважними ознаками технологічності неметалевих видів є такі:

- достатня міцність;
- діелектричні властивості;
- жорсткість й еластичність при малій щільності;
- хімічна (корозійна) стійкість;
- світлопрозорість;
- економічність використання (у 4–5 разів дешевші від металів та в 5–6 разів нижчої трудомісткості виготовлення).

Клас композиційних матеріалів (композитів). Завдяки тому, що *композити* є продуктом поєднання двох чи більшої кількості хімічно різнорідних матеріалів з чіткою межею поділу контакту між ними, вони характеризуються найширшим діапазоном технологічних властивостей. Перелік композиційних матеріалів досить різноманітний (їх розрізняють за розмірами елементів, за хімічним складом тощо). Усякий композит набуває властивостей, які не притаманні жодному з окремих його компонентів.

Композити складаються із безперервної матриці (основи), у масі якої рівномірно розподілено вкраплення наповнювача різної форми. Залежно від виду цих вкраплень, які армують матрицю, композити поділяють на три групи (див. рис. 1).

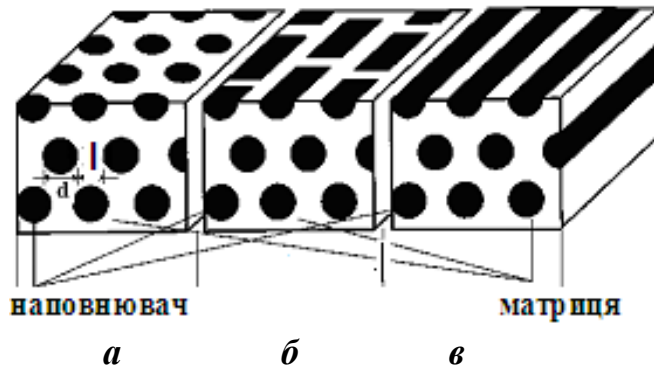


Рис. 1. Класифікація композитів за видом наповнювача:
a – із зернистим; *б* – із дискретним волокнистим; *в* – з безперервним волокнистим;
d – діаметр зерна; *l* – відстань між зернами

Матрицю, як правило, виготовляють із більш пластичної речовини, вона зв’язує окремі елементи наповнювача, створюючи моноліт. Матриця приймає на себе початкове механічне навантаження, а потім через поверхню поділу фаз передає його на елементи наповнювача.

Наповнювачами в технології виробництва композитів слугують речовини підвищеної міцності. Причому зміцнювальна функція таких речовин залежить від геометричної форми вкраплень, а також від їхніх лінійних розмірів та орієнтації дискретних структурних елементів.

Хімічну природу матриці в композиційних матеріалах можна уявити за допомогою схеми (див. рис. 2).

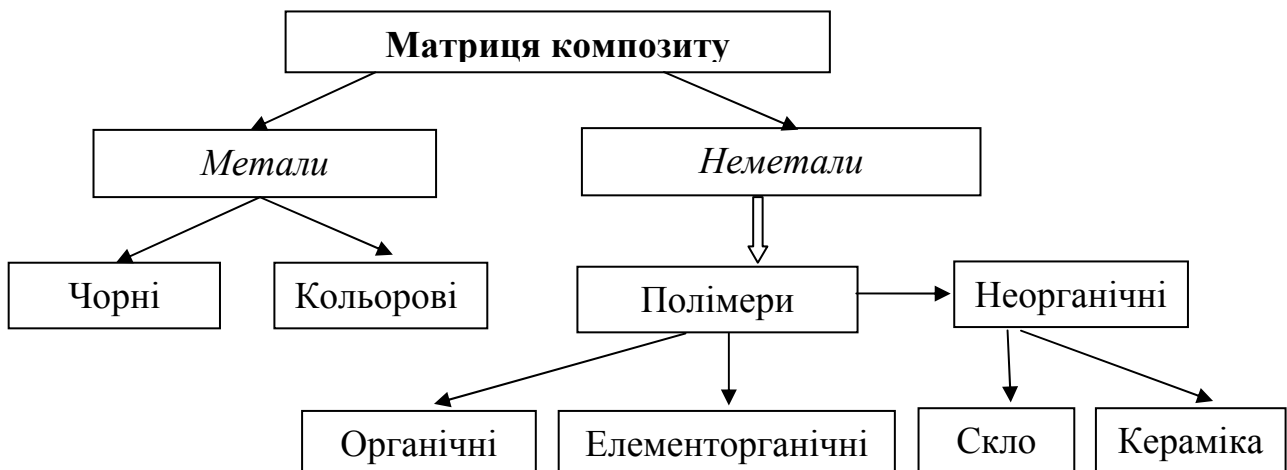


Рис. 2. Класифікація хімічних різновидів композитної матриці

Для виготовлення композитів на основі металеві матриці переважно застосовуються легкі й жароміцні метали, зокрема алюміній та його легovanі сплави з магнієм і марганцем або магнієм і міддю (дюралюміній), а також сплави алюмінію з кремнієм (силуміни). Алюмінієві сплави мають високу корозійну стійкість, значну питому міцність, але вони можуть працювати в

середовищі, температура якого не перевищує 300 °С, до того ж ці сплави характерні низькою міцністю.

Отже, армування згаданих сплавів різними наповнювачами, наприклад, вуглецевими волокнами, підвищує їхню жаро- й питому міцність.

До неметалевих різновидів композитної матриці відносять органічні й неорганічні полімери, серед останніх силікатне скло, кераміка.

Полімерними речовинами вважають також графіт й алмаз, що здатні утворювати лінійні ланцюги або просторові структури. Алмаз – це надтвердий матеріал, а особливістю графіту є те, що він при температурі понад 4000 °С залишається у твердому стані.

Наповнювачами для композитів можуть слугувати практично всі природні й синтетичні матеріали після їх модифікації (тобто надання їм певної форми й розміру).

Основною вимогою при виборі наповнювача є відповідність його властивостей цільовому призначенню композиту. Найчастіше з цією метою застосовують порошкоподібні та волокнисті матеріали природного або штучного походження (див. рис. 3).

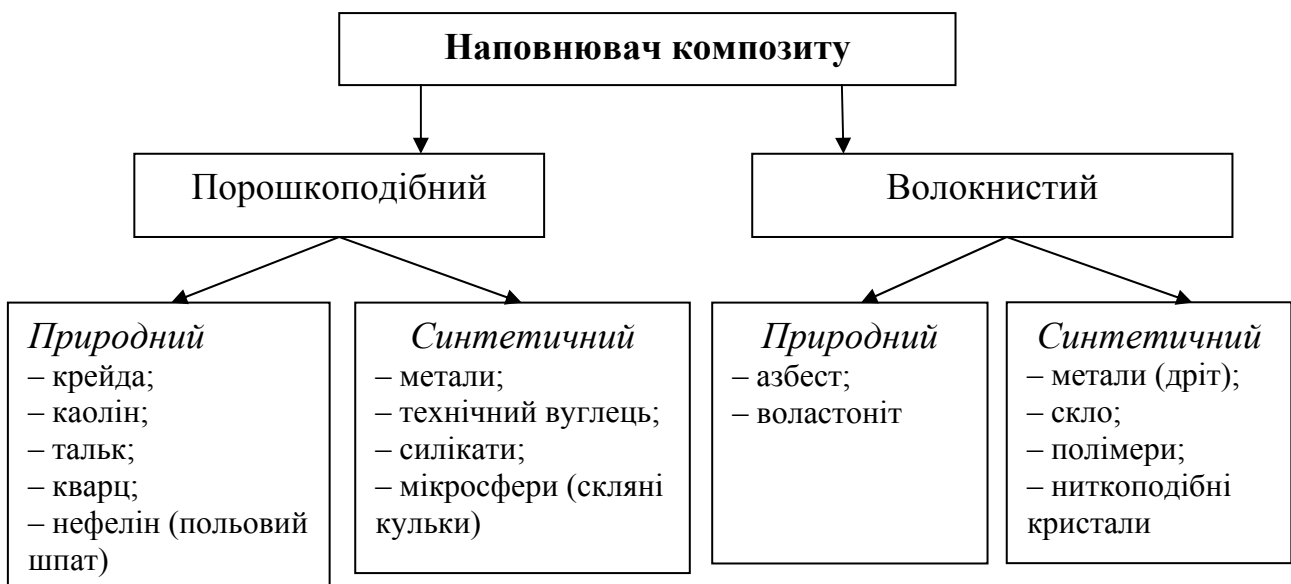


Рис. 3. Хімічні речовини – наповнювачі композитів природного й штучного походження

З метою зниження витрати полімерної матриці та для забезпечення усадки композиту в процесі формування й твердіння використовують *природні порошкові матеріали*, зокрема *крейду* (CaCO_3) – тонкозернистий різновид вапняку як наповнювач полімерів (фенолформальдегідних, епоксидних смол); каолін ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), пластинчасті частинки якого являють собою наповнювач поліефірних полімерів для поліпшення їхніх фізико-механічних характеристик. Подібну функцію виконують *синтетичні* матеріали, серед яких *технічний вуглець* (чорна сажа), 95 % якого витрачається у гумотехнічній промисловості й тільки 5 % – для наповнення полімерів (він підвищує їхню

стійкість до дії теплоти й УФ-проміння, сприяє підвищенню/зниженню електропровідності); *аеросил* або *біла сажа* (SiO_2); *мікросфери* – скляні кульки (розміром до 700 мкм), їх введення в полімери підвищує фізико-механічні показники, твердість, зносо-, водо- та корозійну стійкість, знижує горючість цих композитних матеріалів.

Серед *волокнистих наповнювачів* найбільш поширений *природний силікат азбест*, волокна якого включають велику кількість щільно з'єднаних між собою мікрофібрил із зовнішнім діаметром до 40 нм, він негорючий, інертний до лугів, сонячної радіації, кисневого середовища. Будучи досить міцним, (його гранична міцність перевищує 3000 МПа, тобто в 5 разів більша від міцності сталі), азбест як наповнювач зберігає цю властивість у середовищі з температурою до 400 °С. Подальше нагрівання веде до зниження міцності, а за температури 1450 °С азбест починає плавитися.

Аналогічні властивості має *воластоніт*, ланцюговий силікат (CaSiO_3).

У машинобудуванні значного поширення набули *синтетичні наповнювачі* у вигляді металевих, скляних, органічних (полімерних), вуглецевих, корундових і борних волокон.

Наповнювачами металевих і керамічних матриць композитів найчастіше слугують високоміцні види *металевих волокон*, зокрема дріт (діаметром 150 мкм), виготовлений з алюмінію, вольфраму, молібдену та хромонікелевих, кобальтових сплавів.

Скляні волокна, утворені шляхом витягання розплавленого скла через отвори діаметром 1 мм, з подальшою обробкою поверхні ниток замаслювачем та намотуванням їх на барабан, застосовуються у виробництві світловодів (такий матеріал гарантує високу якість відбиття об'єктів).

Полімерні волокна на основі ароматичного поліаміду характеризуються високою хімічною й термічною стійкістю (не взаємодіють з мастилами та органічними розчинниками, витримують температуру до 400 °С).

Вуглецеві волокна (мікрофібрили), вироблені на основі поліакрилнітрилу (віскози), використовуються у вигляді тканих структур, текстильних технічних ниток, джгутів тощо (див. рис. 4, а).

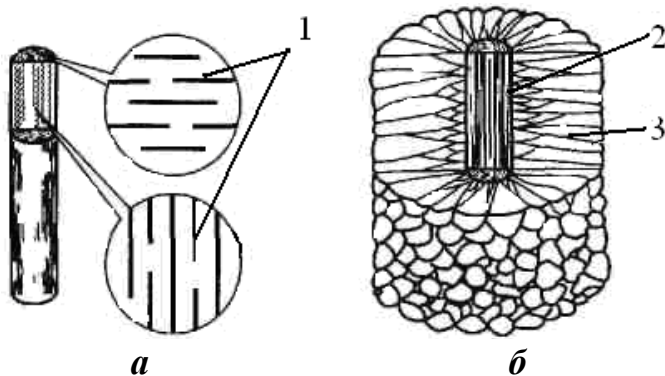


Рис. 4. Схема будови вуглецевого (а) та борного (б) волокон:
1 – мікрофібрили; 2 – вольфрамовий дріт; 3 – борні волокна

Цінним є те, що сировиною для їх виготовлення слугують вторинні продукти, зокрема нафтовий пек, лігнін, а також фенолформальдегідні смоли.

Борні волокна виготовляють шляхом осадження бору з газової фази на вольфрамівий дріт діаметром 10 мкм (див. рис. 4, б). Ці волокна дуже міцні (параметр твердості становить 35000 МПа).

Ниткоподібні кристали (наноструктури) мають високу жорсткість і міцність, а тому стійкі до розтягання. Їх використовують у виробництві дискретних елементів для систем теплового захисту.

1.2. Хімічні особливості неметалевих матеріалів композитної матриці

1.2.1. Полімери

Полімери – це високомолекулярні хімічні сполуки – макромолекули, які зосереджують у собі елементарні ланки (мономери), з'єднані між собою міцними хімічними зв'язками, внаслідок чого утворюється група однакових атомів.

Схематично формула всякого полімеру має такий вигляд:

$[M]_n$, де M – хімічна будова мономера; n – показник ступеня полімеризації.

Молекулярна маса макромолекул полімерів може становити від 5 тис. до 1 млн.

З огляду на великі розміри макромолекул, властивості полімерів зумовлені не тільки хімічним складом, а й будовою молекул, їх взаємним просторовим розміщенням.

Основними способами синтезу полімерів є *полімеризація* та *поліконденсація*.

Полімеризація – це процес хімічного з'єднання мономерів одного типу в одну макромолекулу, що не веде до зміни їх складу.

Поліконденсація – це процес утворення полімеру з молекул одного чи кількох мономерів унаслідок хімічних реакцій, у яких беруть участь функціональні групи ($-\text{COH}$, $-\text{COOH}$, $-\text{CONH}_2$, $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$) з виділенням вторинних низькомолекулярних сполук (H_2O , HCl , NH_3 тощо).

Залежно від будови мономерів, задіяних у процесі поліконденсації, розрізняють такі типи реакцій:

а) за участю одного мономера, молекули якого містять дві різні функціональні групи, наприклад, ϵ -амінокапронової кислоти:



б) з наявністю двох різних мономерів, молекули кожного з яких включають певну функціональну групу $-\text{OH}$, наприклад, утворення фенолформальдегідної смоли, котре шляхом конденсації відбувається в два етапи: спочатку фенол ($\text{C}_6\text{H}_5-\text{OH}$) з'єднується з формальдегідом ($\text{H}_2\text{C}=\text{O}$), утворюючи оксибензиловий спирт, а далі, конденсуючись з молекулою фенолу, перетворюється після відщеплення молекули води на термопластичну смолу;

в) які передбачають взаємодію двох різних за будовою мономерів, молекули кожного з яких містять по дві однотипні функціональні групи,

наприклад, гексаметилендіамін $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$ та адипінову (дикарбонову) кислоту – $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$.

Полімери прийнято класифікувати за походженням, складом, формою макромолекул, а також з огляду на вплив нагрівання та електричного поля.

1. За походженням полімери бувають *природні органічні* (рослинні: каучук, бавовна, шовк і тваринні – шкіра, шерсть); *природні мінеральні* (азбест, графіт, алмаз, слюда); а також *синтетичні*, котрі виготовляють шляхом хімічного синтезу з продуктів хімічної переробки нафти, природного газу та кам'яного вугілля.

2. За складом полімери поділяють на такі групи:

- органічні;
- елементорганічні;
- неорганічні.

Органічні полімери, у свою чергу, поділяються на *карболанцюгові*, їхні молекулярні ланцюги формуються тільки з вуглецевих атомів, та *гетероланцюгові*, коли, крім вуглецю, у макромолекулі наявні атоми інших елементів, що суттєво змінює їхні властивості (див. табл. 1).

Наприклад, наявність *атомів кисню* веде до підвищення гнучкості ланцюга; *атомів сірки* – до збільшення газопроникності; *атомів хлору і фосфору* – до створення вогнестійкості; *атомів фтору* – хімічної стійкості.

Таблиця 1

Мономери та найпоширеніші промислові карболанцюгові полімери на їх основі

Мономер	Полімер	Використання у виробництві
$\text{CH}_2=\text{CH}_2$ етилен	$[-\text{CH}_2-\text{CH}_2-]_n$ поліетилен	Ізоляційний матеріал для виготовлення проводів; різні види плівок, ущільнювачів
$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)_2$ ізобутилен	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$ поліізобутилен	Захисні, непроникні покриття; кислотостійкі антикорозійні матеріали; виготовлення фільтрів
$\text{CH}_2=\text{CHCl}$ вінілхлорид	$\left[\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{Cl} \end{array} \right]_n$ полівінілхлорид	Захисні покриття; виготовлення міцних ізоляторів, труб, листів, стрічок, шкірозамінників
$\text{CH}_2=\text{CH}$  стирол	$\left[\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{benzene ring} \end{array} \right]_n$ полістирол	Виготовлення пінопласту, ізоляційних та декоративних матеріалів
$\text{CF}_2=\text{CF}_2$ тетрафторетилен	$[-\text{CF}_2-\text{CF}_2-]_n$ політетрафторетилен	Виготовлення хімічно стійких деталей; труб, мембран, шлангів, антифрикційного покриття металевих втулок, корпусів для акумуляторів

$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{CH} \\ \\ \text{O}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{O} \end{array}$ вінілацетат	$\left[\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{O}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{O} \end{array} \right]_n$ полівінілацетат	Виготовлення клею ПВА, водоемульсійних та акрилових фарб
$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{OCH}_3 \end{array}$ метилметакрилат	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ -\text{CH}_2-\text{C}- \\ \\ \text{O}=\text{C}-\text{OCH}_3 \end{array} \right]_n$ поліметилметакрилат	Виробництво органічного скла, триплексу й термопану (багат шарового композиційного транспортного скла)
$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ ізопрен	$\left[\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$ поліізопрен	Синтез ізопренових канчуків, запашних речовин (наприклад, ароматизатора цитралу для дезодорантів)

Карболанцюгові полімери (поліетилен, полівінілхлорид, полістирол та ін.) синтезують шляхом полімеризації вуглецевих атомів мономерів у макроланцюг.

Гетероланцюгові полімери (наприклад, фенолформальдегідні смоли) синтезують реакціями поліконденсації.

3. За просторовою формою макромолекул полімери бувають кількох типів (див. рис. 5).

Гнучкі *лінійні* або *ланцюгові* (див. рис. 5, *а*) макромолекули мають високу міцність, забезпечують еластичність матеріалу, його здатність розм'якшуватися внаслідок плавлення й твердіти при охолодженні (їх представники – поліетилен, поліаміди та ін.).

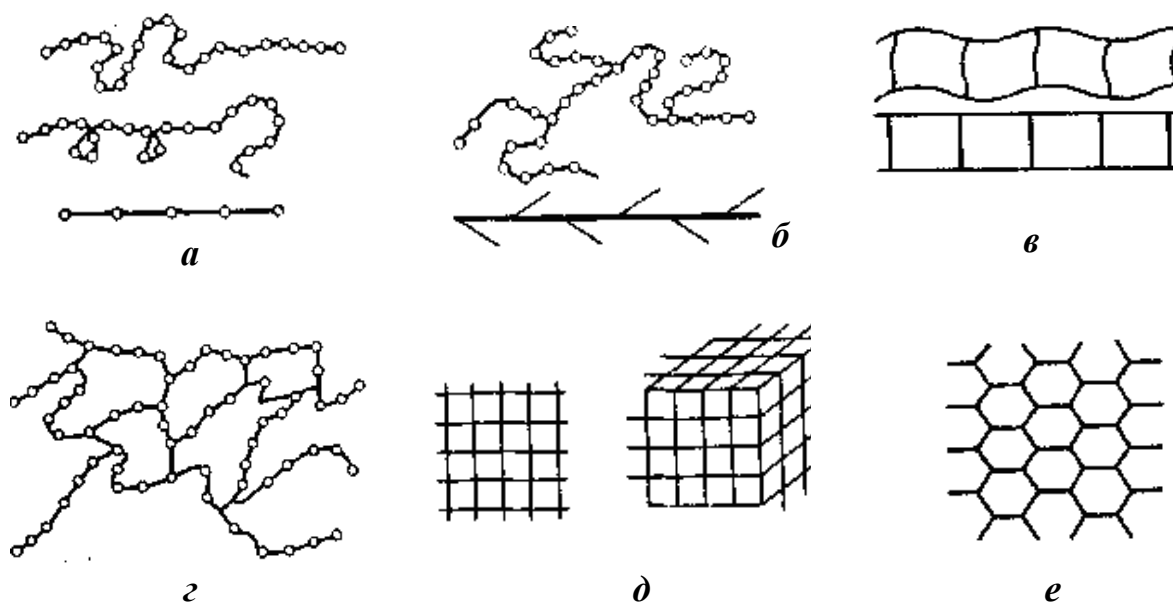


Рис. 5. Форми макромолекул просторових полімерів:

а – лінійні; *б* – розгалужені; *в* – сходового типу; *г* – щільносітчасті; *д* – рідкосітчасті; *е* – паркетного типу

Розгалужені макромолекули (рис. 5, б) мають бокові відростки, що перешкоджає їх щільному розташуванню (поліізобутилен).

Полімерна молекула *сходового типу* (рис. 5, в) складається з двох ланцюгів, з'єднаних хімічними зв'язками. Таким макромолекулам властива більша жорсткість основного ланцюга, підвищена теплостійкість, вони нерозчинні в стандартних органічних розчинниках (це кремнійорганічні полімери).

Рідкоічасті полімери (рис. 5, д) – це типи м'якої гуми, для якої характерна пружність, схильність до плавлення.

Щільноічасті й паркетні полімери (рис. 5, з, е) характерні підвищеною теплостійкістю та нерозчинністю.

Просторові полімери являють собою основу конструкційних неметалевих матеріалів.

Слід зазначити, що залежно від орієнтації макромолекули можуть перебувати в двох різних станах – *аморфному* або *кристалічному*.

Для *аморфного* (неупорядкованого) стану полімерів впорядкованість будови макромолекул спостерігається тільки в межах розміру мономерної ланки (близьким порядком надмолекулярної структури є клубок або *глобула*). *Кристалічний* стан полімерів означає збереження як близького, так і далекого порядку на відстанях, котрі перевищують розміри ланок ланцюга макромолекули. Тут мають місце паралельно розміщені ланцюгові структури.

Схеми надмолекулярної структури, відповідної обом станам, подано на рис. 6, а і б.

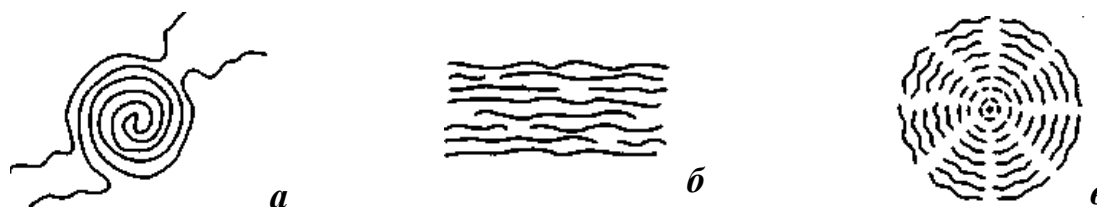


Рис. 6. Форми елементів надмолекулярної структури полімерів:
а – глобула; б – паралельні ланцюги; в – сфероліт

Для багатьох полімерів аморфний стан є термодинамічно стійким та енергетично більш раціональним. Але найстійкішою типовою просторовою формою чітко орієнтованого надмолекулярного утворення визнано *сфероліт*, що складається з тангенціально розміщених ланцюгів макромолекул (див. рис. 6, в).

На практиці сферолітні структури мають високу міцність під впливом орієнтаційних перетворень, а саме, при зростанні або зниженні температури макромолекули такого полімеру фіксуються паралельно вектору силового навантаження, підвищуючи фізико-механічні властивості майже в 5 разів, порівняно з вихідним станом.

4. За реакцією на вплив електричного поля полімери поділяють на полярні й неполярні (рис. 7).



Рис. 7. Схеми молекулярної структури полярного (а) й неполярного (б) полімерів

Для полярних полімерів характерна несиметричність молекулярної структури, тобто наявність полярних груп ($-\text{Cl}$, $-\text{F}$, $-\text{OH}$), що сприяє підвищенню міцності, жорсткості цих матеріалів, а також можливості зварювання струмом високої частоти. При цьому вони мають низьку морозостійкість (ламкість за умов зниження температури до -10 , -20 °С).

Неполярні полімери (на основі вуглеводнів) мають добру міцність і морозостійкість, а також діелектричні властивості.

5. За реакцією на вплив нагрівання виділяють термопластичні (термопласти) й термореактивні (реактопласти) полімери.

Термопласти – це полімери, що внаслідок дії температур, зазнають зворотної термічної деструкції. Власне під впливом високої температури вони здатні багато разів переходити у в'язкоплинний стан, а значить, можливе багатократне повторення термообробки цих матеріалів. Це пояснюється тим, що в композитах на основі термопластів матрицею слугують лінійні поліаміди (капрон, нейлон) і фторорганічні полімери (фторопласт, тефлон).

До практичних переваг використання термопластів в автомобільному господарстві належать такі:

- удароміцність;
- вібропоглинальні властивості;
- хімічна стійкість до лугів, органічних розчинників;
- низький коефіцієнт тертя (антифрикційність), що дозволяє виготовляти з них деталі для вузлів тертя, зокрема підшипників, вкладишів.

Реактопласти (фенолформальдегідні та епоксидні смоли) в умовах впливу високих температур зазнають термічної деструкції без переходу в рідкий стан, далі незворотно твердіють і не можуть підлягати повторній термообробці. На практиці великого значення набувають фізико-механічні властивості реактопластів (їх застосовують у вигляді лаків, клею).

1.2.2. Елементорганічні полімери

Елементорганічні полімери – це сполуки, котрі в складі основного макромолекулярного ланцюга мають різні неорганічні атоми (Si, Al, Mg, B, P, Ti та ін.), з'єднані з радикалами ($R = -CH_3, -C_6H_5, -CH_2$). *Елементорганічні полімери* в природі не трапляються.

Схематично формула *елементорганічних полімерів* має такий вигляд: $R-X$.

Наявність радикалу в полімерному матеріалі надає йому підвищеної міцності та еластичності, а неорганічних атомів – значної теплостійкості.

Серед *елементорганічних полімерів*, призначених для використання як матриці композитів найбільш поширеними визнаються *кремнійорганічні* (R_4Si), які мають назву *поліорганосилоксани* – ПОСК (тобто силоксани, до складу макромолекул яких входить група $-Si-O-$). ПОСК завдяки високій термоокиснювальній стійкості, а також антиадгезійним властивостям набули поширення в розчиненому вигляді як лаки; а також у сумішах з епоксидними, фенолформальдегідними полімерами.

1.2.3. Пластмаси

Пластмаси – це синтетичні високомолекулярні матеріали, виготовлені на основі органічних та елементорганічних полімерів.

Властивості *пластмас* залежать від природи базових полімерів.

Пластмаси за своїм складом поділяються на прості (термопласти – полімери лінійної чи розгалуженої структури) та складні (ті, що містять різні добавки, зокрема наповнювачі, барвники, пластифікатори, стабілізатори, отверджувачі, мастильні речовини тощо).

Сполучні речовини, зокрема *наповнювачі* (порошкові, волокнисті, або нейтральний газ) є обов'язковим компонентом пластмас.

Наповнювачі – це тверді матеріали органічного й неорганічного походження, що забезпечують уникнення усадки пластмас при пресуванні, надають їм міцності, твердості, теплостійкості, а також таких спеціальних властивостей, як антифрикційність чи навпаки, фрикційність.

Пластифікатори (складні ефіри, низькомолекулярні полімери та ін.) являють собою нелеткі рідини з низькою температурою замерзання, їх використання підвищує здатність матеріалу до пластичної деформації, поліпшує його морозо- та вогнестійкість.

Отверджувачі (оксиди деяких металів, уротропін та ін.) викликають зміни в структурі полімерів, прискорюють процес полімеризації.

Стабілізатори (антиокиснювачі, попереджувачі фотоокиснення) вводять у пластмаси для підвищення терміну їхньої експлуатації.

Мастильні речовини (стеарин, олеїнова кислота) використовують у виробничих процесах для запобігання прилипанню матеріалу до обладнання.

Барвники та пігменти надають пластмасам певного кольору.

Для пластмас переважними є такі технологічні показники:

- низька щільність (1–1,8 г/см³);
- висока корозійна стійкість до дії хімічних та електрохімічних факторів;
- санітарно-гігієнічна безпечність (більшості її видів);
- високі діелектричні й теплоізоляційні властивості;
- оптична здатність прозорих пластмас;
- широкий діапазон механічних можливостей;
- антифрикційні ознаки.

Недоліком більшості пластмас є їх невисока теплостійкість (збереження стабільного стану можливе за температур, які не перевищують 100–120 °С). Крім того, пластмаси характеризуються низькою твердістю, схильністю до старіння, нестійкістю в умовах значних статичних і динамічних навантажень. Але деякі сучасні види пластмас мають верхню температурну межу втрати стабільності, що сягає 300–400 °С, а їхні технологічні якості переважають недоліки, що зумовлює високі темпи виробництва пластичних матеріалів.

1.2.4. Гуми

Гума – це продукт спеціальної обробки (вулканізації) суміші природного полімеру каучуку та сірки.

Процес вулканізації сприяє перетворенню природного еластомера – каучуку, в рідкосітчастий полімер – гуму, за участю вулканізувальних агентів (сірки чи інших сірчистих сполук), а також дії певних чинників (високої температури, радіації, каталізатора ZnO). Унаслідок такої обробки молекули природного полібутадієну зшиваються за допомогою дисульфідних містків таким чином (рис. 8):

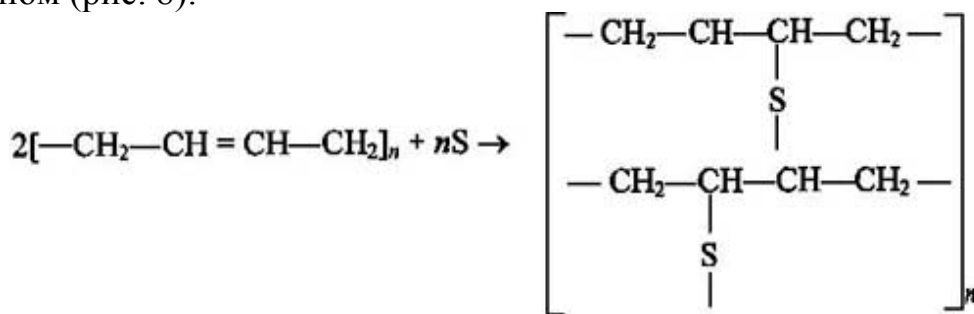


Рис. 8. Схема реакції утворення гуми шляхом вулканізації бутадієнового каучуку (полібутадієну)

Наявність сірки в молекулах полібутадієну сприяє поліпшенню його технологічних властивостей, зокрема забезпечує еластичність, газопроникність, стійкість до впливу високих температур, до дії розчинників, водонепроникність, здатність до електроізоляції, хімічну стійкість тощо. Підвищення вмісту вулканізатора (S) знижує еластичність сітчастої структури полімеру. У звичайній гумі міститься до 45 % каучукової матриці, 5–8 % S, до 6 % пластифікатора (парафіну, вазеліну, стеаринової кислоти, рослинної олії тощо), близько 35 % технічного вуглецю. Максимальне (до 30–50 %) насичення сіркою перетворює гуму на твердий ебоніт.

На практиці основними вихідними компонентами для виготовлення гум загального призначення є неполярні каучуки: НК – натуральний каучук; СКІ – синтетичний каучук ізопреновий; СКБ – синтетичний каучук бутадієновий; СКПУ – синтетичний каучук поліуретановий, останній вміщує уретанову групу –NH–COOH– і має високу еластичність, стійкість до окиснювачів та води, значну морозостійкість (витримує температуру до $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$).

1.3. Неорганічні полімери

1.3.1. Скло

Неорганічне скло – це однорідна аморфна (невпорядкованої структури) речовина, яку виготовляють шляхом отвердження розплаву оксидів певних елементів.

Складовими компонентами скла можуть бути оксиди трьох типів:

- склотвірні: SiO_2 , Al_2O_3 , B_2O_3 , P_2O_5 , GeO_2 , As_2O_5 ;
- модифікувальні, серед яких оксиди лужних (Na_2O , K_2O) та лужноземельних металів – CaO , MgO , BaO ;
- проміжні: PbO , ZnO , TiO_2 , FeO , Fe_2O_3 .

При цьому встановлено, що певні оксиди впливають на властивості скла таким чином:

- Al_2O_3 підвищує механічну міцність;
- B_2O_3 прискорює процес утворення матеріалу, сприяє його просвітленню та знижує здатність до кристалізації;
- PbO підвищує показник світлозаломлення при виготовленні матеріалу оптичного призначення й кристалу;
- ZnO , знижуючи температурний коефіцієнт лінійного розширення скла, підвищує його термічну стійкість.

Склотвірні оксиди (наприклад, SiO_2 в силікатному склі) утворюють просторову сітку, складену з однорідних ланок-поліедрів (див. рис. 9, *а*). При цьому наявність усередині сітчастої силікатної комірки модифікувальних оксидів (наприклад, Na_2O в натрійсилікатному склі), як це показано на рис. 9, *б*, зумовлює послаблення чи руйнування зв'язків між атомами кремнію та кисню, що знижує міцність, термо- й хімічну стійкість матеріалу, але дозволяє регулювати температуру його розм'якшення та інші властивості.

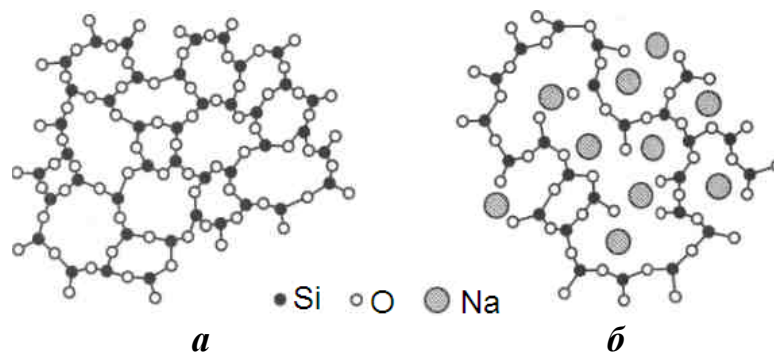


Рис. 9. Схема безперервної структурної сітки скла:
а – кварцевого; *б* – натрійсилікатного

До основних експлуатаційних характеристик неорганічного скла відносять такі:

- прозорість;
- стійкість до атмосферних впливів;
- водо- та газонепроникність;
- термостійкість;
- діелектричну здатність;
- можливість механічної обробки (шліфування, різання).

У *машинобудуванні* скломатеріали використовуються після спеціального загартовування в повітряному потоці. Скло транспортного призначення має характеризуватися покращеними оптичними властивостями: світлопрозорістю, здатністю відбивати, поглинати, розсіювати й заломлювати світло.

Різновидами транспортного скла є *триплекс* і *термопан*.

Триплекс – це композит, складений із двох листів загартованого силікатного чи органічного скла (синтетичного полімеру поліметилметакрилату) товщиною 2–3 мм. Листи, з'єднані між собою за допомогою прозорої еластичної полімерної плівки (вона здатна утримувати на собі уламки розбитого скла).

Органічне скло являє собою термопласт, здатний до світлорозсіювання, світлопропускання, має добрі шумо-, УФ-захисні показники, теплостійкий та удароміцний.

Термопан – тришарове скло, що складається з двох листів загартованого силікатного скла, розділених повітряною камерою, що забезпечує добру теплоізоляцію.

Досить перспективними в сучасному машинобудуванні вважають штучні склокристалічні матеріали, синтезовані на основі неорганічного скла, – *ситали*.

Ситали відрізняються від звичайного неорганічного скла кристалічною структурою молекул.

До складу *ситалів* входять такі речовини: оксиди (Li_2O , Al_2O_3 , SiO_2 , MgO , CaO та ін.); *нуклеатори* (каталізатори кристалізації) – солі світлочутливих металів (Au , Ag , Cu) у вигляді тонкодисперсних частинок, що являють собою колоїдні барвники.

Нуклеатори слугують додатковими центрами кристалізації (див. рис. 10), маючи кристалічну решітку, подібну до кристалічних фаз скла, що прискорює реакцію рівномірної кристалізації всієї маси матеріалу.



Рис. 10. Схема утворення ситалів шляхом кристалізації скла за участю нуклеаторів

Ситали можуть бути прозорими, непрозорими або забарвленими. Їхню міцність оцінюють стійкістю до високих температур (вони не деформуються в середовищі з температурою до 700–780 °С). Взагалі, жароміцність ситалів становить 800–1200 °С.

У машинобудуванні ситали йдуть на виготовлення підшипників, деталей двигунів, труб, жаростійкого покриття, лопатей компресорів, деталей хімічних насосів, елементів тертя в плунжерах, запірних клапанів тощо.

1.3.2. Кераміка

Кераміка – це комплексні неорганічні полікристалічні матеріали, що виготовлені в процесі високотемпературного (1200–2500 °С) спікання із сформованих мінеральних мас (різних глин та їх сумішей з мінеральними добавками).

Для виготовлення кераміки, як правило, використовуються каолін та інші види глини (тобто природні алюмосилікати з різними додатковими речовинами), які, змішуючись з водою, утворюють пластичну масу, котра після випалювання, незворотно кам'яніє.

Хімічний склад *кераміки* являє собою багатокомпонентну систему, яка включає речовини, що перебувають у різних фазах, а саме:

– *кристалічна фаза* (> 50 %) є основною, оскільки забезпечує матеріалу механічну міцність, термостійкість тощо; може вміщувати чисті оксиди (Al_2O_3 , ZrO_2 , MgO , BeO , CaO та ін.) і безкисневі сполуки (SiC , TiB_2 , ZrB_2 , BN , Si_3N_4 , $MoSi_2$).

– *скляна (аморфна) фаза* (1–40 %) – це прошарки скла, хімічний склад яких відрізняються від речовин кристалічної фази; ці компоненти знижують механічну міцність матеріалу, але полегшують технологію виготовлення керамічних виробів;

– *газова фаза* заповнює наявні в матеріалі пустоти, що знижує його механічну міцність і призводить втрат електричного опору.

Кераміка – це ізотропний матеріал, тобто полікристалічна речовина, складена з дрібних, хаотично розміщених кристалів.

Властивості *кераміки* залежать від її хімічного складу, структури та пористості.

Практичне використання *кераміки* пов'язане з перевагами цього матеріалу, серед яких висока міцність і твердість (близька до твердості алмазу), здатність до водопоглинання, діелектричні властивості, значний електричний опір, водостійкість, жаростійкість, теплопровідність, а також хімічна та корозійна стійкість.

До недоліків *кераміки* можна віднести значну твердість і пов'язані з цим труднощі розрізання цього матеріалу.

Серед способів, які впливають на зміни властивостей *кераміки*, є хіміко-термічна обробка та покриття її поверхні (наприклад, захисно-декоративне – глазур, або покриття, закріплене на поверхні шляхом випалювання).

У машинобудуванні набула поширення електротехнічна кераміка, яку прийнято поділяти на *ізоляторну* (установну), *конденсаторну* (сегнетокераміку) і *п'єзокераміку*.

Ізоляторна кераміка (в основному електрофарфор) являє собою міцний матеріал з ефективними ізоляційними властивостями завдяки наявності кристалів алюмосилікатів – муліту (речовини, що складається з каоліну $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ і кварцу SiO_2), а також кристалів фарфору, виготовленого на основі спікних видів білої глини, каоліну, кварцу та польового шпату в різних співвідношеннях. Цей вид *кераміки* йде на виготовлення ізоляторів, колодок, катушок, плат тощо.

Конденсаторна низькочастотна сегнетокераміка характерна значною діелектричною проникністю, низькою схильністю до електровтрат і незначним температурним коефіцієнтом. Основу цього виду кераміки становлять тверді розчини титанатів барію (BaTiO_3 з добавками Zr – СМ-1), кальцію (CaTiO_3) й стронцію (SrTiO_3 – Т-7500), а також станату стронцію (SrSnO_3 – вариконд ВК-1).

Високочастотна конденсаторна кераміка виготовляється на базі рутилу TiO_2 (тиконд Т-80), титанатів кальцію (CaTiO_3 – тиконд Т-150), цирконію (ZrTiO_3 – термоконд Т-20) і станатів (станатна кераміка) кальцію CaSnO_3 і магнію MgSnO_3 тощо. Використання конденсаторної кераміки сприяє підвищенню надійності роботи й теплостійкості конденсаторів та дозволяє зменшити їхні розміри.

П'єзокераміка – це матеріал, що має п'єзоелектричні властивості (стійкий до дії різноспрямованого тиску, до умов змінного електричного поля). Структура *п'єзокераміки* являє собою тверді розчини на основі титанату барію (ТБС и ТБКС), ніобату барію (НБС) та ніобату й титанату свинцю (НТС). Максимальна температура експлуатації цих матеріалів становить 250°C .

П'єзокераміку застосовують для виготовлення датчиків високого тиску, в умовах прискореного руху, вібрації в системах загоряння двигунів, у трансформаторах тощо.

Контрольні питання

1. Що являють собою конструкційні матеріали?
2. За якими ознаками класифікують конструкційні матеріали?
3. Яким чином використовуються фізико-хімічні характеристики конструкційних матеріалів у сучасній машинобудівній галузі?
4. Які класи конструкційних матеріалів найбільш поширені в машинобудуванні й чому?
5. Охарактеризуйте принципи класифікації композиційних матеріалів.
6. Які ознаки складових компонентів композитів належать до технологічних?
7. Які матеріали можуть слугувати наповнювачами композитів та з якою метою їх застосовують?
8. Яким чином хімічна природа матриці композиційних матеріалів впливає на їх технологічні властивості?

9. Наведіть приклади термопластичних і термореактивних полімерів, у яких галузях виробництва можливе їх застосування.
10. Що являє собою проблема старіння полімерних матеріалів?
11. Які матеріали називають пластмасами?
12. На основі яких хімічних сполук виготовляють пластмаси?
13. Охарактеризуйте технологічні властивості пластмас, корисних для машинобудування.
14. Який матеріал називають гумою?
15. У чому полягає принцип процесу вулканізації гуми і які технологічні зміни при цьому в ній відбуваються?
16. Перелічіть основні типи синтетичного каучуку загального призначення.
17. Які фізико-хімічні характеристики синтетичних каучуків є особливо цінними для машинобудівної галузі?
18. Яка структура і хімічний склад скла?
19. Охарактеризуйте властивості скла як конструкційного матеріалу транспортного призначення.
20. Що являють собою ситали та яка їх роль в автомобілебудуванні?
21. Які речовини входять до складу керамічних матеріалів?
22. У чому полягають переваги та недоліки кераміки як конструкційного матеріалу.
23. Які технологічні властивості керамічних матеріалів створюють можливість їх застосування у машинобудівній галузі?

2. Приклади розв'язування типових задач на визначення хімічної стійкості конструкційних матеріалів

Приклад 1. Яким чином відбувається корозія мангану, котрий контактує з міддю в кислому середовищі (HCl)? Складіть рівняння анодного й катодного процесів. Подайте схему утвореного при цьому гальванічного елемента.

Розв'язування. Беручи до уваги величини стандартних електродних потенціалів мангану і міді, тобто $\varphi_{\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}}^0 = -1,18 \text{ В}$, $\varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = 0,34 \text{ В}$, робимо висновок, що в утвореній гальванічній парі манган буде анодом, а мідь – катодом. Рівняння реакцій на електродах мають такий вигляд:

анодний процес: $\text{Mn} - 2\bar{e} = \text{Mn}^{2+}$ (корозія анодного металу);

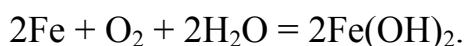
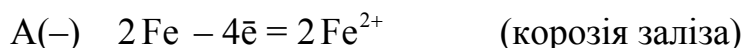
катодний процес: $2\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{H}_2$ (воднева деполяризація).

Схема гальванічного елемента:

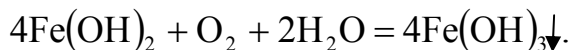


Приклад 2. Визначте, які корозійні процеси мають місце в нейтральному середовищі при ушкодженні срібного покриття, нанесеного на поверхню заліза.

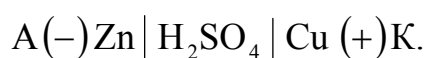
Розв'язування. У місці ушкодження срібного покриття утворюється гальванічна пара «срібло – залізо», де анодом буде залізо ($\varphi_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^0 = -0,44 \text{ В}$), а катодом – срібло ($\varphi_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 = 0,8 \text{ В}$). При цьому на аноді розчиняється залізо, а на катоді відновлюється кисень, згідно з такими рівняннями реакцій:



Утворений нерозчинений гідроксид $\text{Fe}(\text{OH})_2$ згодом окиснюється до осаду бурої іржі $\text{Fe}(\text{OH})_3$, тобто



Приклад 3. Унаслідок порушення цілісності поверхневого шару мідного покриття на поверхні цинку відбувається корозія під впливом утворення гальванопари, а саме:



Протягом 35 с роботи гальванопари на катоді виділилося 0,07 л водню (н. у.). Скільки грамів цинку розчинилося за цей час і яку силу струму дає ця гальванопара?

Розв'язування. Максимальна сила струму, яку може дати гальванічний елемент, визначається співвідношенням згідно з рівнянням першого закону Фарадея, а саме:

$$I = m F / M_{\text{ек}},$$

де I – сила струму; m – маса розчиненого за секунду металу на аноді або речовини, що виділилася на катоді, г; F – стала Фарадея ($F = 96500$ Кл/моль); $M_{\text{ек}}$ – молярна маса еквівалента металу, з якого виготовлено анод, або молярна маса еквівалента елемента, що виділився на катоді, г/моль.

За секунду на катоді виділяється така кількість водню: $0,07 : 35 = 0,002$ л.

Згідно з другим законом Фарадея
$$\frac{m}{M_{\text{ек}}} = \frac{V_{\text{H}_2}}{V_{\text{ек}(\text{H}_2)}},$$

де V_{H_2} – об'єм водню, що виділився за секунду на катоді, л; $V_{\text{ек}(\text{H}_2)}$ – молярний об'єм еквівалента водню, л/моль.

Розрахуємо силу струму, який виробив гальванічний елемент, а саме:

$$I = 0,002 \cdot 96500 / 11,2 = 17,2 \text{ А.}$$

Молярна маса еквівалента цинку дорівнює $32,7$ г/моль. Визначаємо, скільки цинку розчинилося за 35 с роботи гальванопари, тобто

$$m(\text{Zn}) = \frac{32,7 \cdot 17,2 \cdot 35}{96500} = 0,204 \text{ г.}$$

Питання для самоперевірки

1. У чому полягає суть хімічної та електрохімічної корозії металів?
2. Що являє собою воднева і киснева деполяризація?
3. Які фактори впливають на швидкість корозії?
4. Корозію яких металів може викликати лужне середовище?
5. Якими засобами можна захистити метали від корозії?
6. Чим відрізняються анодні та катодні металеві покриття?
7. Які процеси відбуваються при порушенні цілісності захисних покриттів у кислому середовищі?

3. Контрольні завдання

1. Як відбувається атмосферна корозія лудженого й оцинкованого заліза при порушенні цілісності покриття? Складіть рівняння катодного та анодного процесів.

2. Мідь не витискує водень із розведених кислот. Чому? Однак, якщо до мідної пластинки, зануреної в розчин кислоти, доторкнутися цинковою, то на міді почнеться активне виділення водню. Поясніть це явище, склавши рівняння анодного й катодного процесів. Напишіть рівняння хімічної реакції, яка при цьому відбувається.

3. Залізний виріб покрили нікелем. Яке це покриття – анодне чи катодне? Чому? Складіть електродні рівняння анодного та катодного процесів корозії цього виробу при порушенні цілісності покриття у вологому повітряному середовищі та в хлоридній кислоті. Які продукти корозії утворюються в першому й другому випадках?

4. Складіть електронні рівняння анодного й катодного процесів, котрі супроводжуються кисневою та водневою деполяризацією при корозії пари металів «магній–нікол». Які продукти корозії утворюються в першому і другому випадках?

5. Чому хімічно чисте залізо більш стійке до корозії, ніж технічне? Складіть електронні рівняння анодного й катодного процесів, які спостерігаються при корозії технічного заліза у вологому повітряному та в кислому середовищі.

6. Залізний виріб покрили кадмієм. Яке це покриття – анодне чи катодне? Чому? Складіть електронні рівняння анодного й катодного процесів корозії цього виробу при порушенні цілісності покриття у вологому повітряному середовищі та в хлоридній кислоті. Які продукти корозії утворюються в кожному із випадків?

4. Критерії оцінювання контрольних завдань

Робота оцінюється на **відмінно** (90–100/А), якщо студент використав відповідні джерела інформації, виявивши достатній обсяг знань і вмінь у якісному й повному висвітленні змісту індивідуального контрольного завдання, до того ж було підтверджено засвоєння ним навчального матеріалу на рівні творчого використання; причому завдання виконано ретельно й самостійно, матеріал викладено в логічній послідовності, продемонстровано точність і чіткість мови, відсутні мовні помилки різного роду, а власні висновки студента відповідають темі завдання.

Робота заслуговує на оцінку **добре** (82–89/В), якщо студент залучив відповідні джерела інформації, показав достатній обсяг знань і вмінь у повному висвітленні змісту індивідуального контрольного завдання; продемонстрував якість оформлення роботи, самостійність її виконання, точність і чіткість мови, при цьому в тексті роботи не було зафіксовано помилок, а власні висновки студента відповідають темі завдання.

Робота заслуговує на оцінку **добре** (74–81/C), якщо студент показав достатній обсяг знань і вмінь у самостійному виконанні індивідуального завдання відповідно до навчальної програми, але при цьому в тексті роботи було зафіксовано лексичні огріхи, нечіткість мови.

Робота оцінюється на **задовільно** (64–73/D), коли в поданому студентом теоретичному матеріалі виявлено змістові й лексичні огріхи, зміст роботи викладено не завжди чітко й логічно, відсутні посилання на інформаційні джерела, але студент виконав розрахунки та виявив знання й уміння в межах навчальної програми.

Робота оцінюється на **задовільно** (60–63/E) тоді, коли в поданому студентом теоретичному матеріалі виявлено суттєві змістові й лексичні огріхи, а в тексті зафіксовано помилки різного роду, але студент виконав розрахунки і виявив знання й уміння в межах навчальної програми без достатнього їхнього логіко-аналітичного осмислення.

Робота заслуговує на оцінку **незадовільно** (35–59/FX) з можливістю її повторного виконання, якщо поданий студентом теоретичний матеріал не відповідає темі завдання, у ньому допущено принципові змістові й лексичні помилки, розрахунки не проведено, тобто студент не виявив певних знань і вмінь у межах навчальної програми.

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пахолюк А.П. Основи матеріалознавства і конструкційні матеріали : посібник / А.П. Пахолюк, О.А. Пахолюк. – Львів : Світ, 2005. – 172 с.
2. Лахтин, Ю.М. Материаловедение : учеб. для вузов. – изд. 5-е. стереотип. / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. – М. : Альянс, 2009. – 527 с.
3. Шабурова Н.А. Материаловедение: часть II: Неметаллические материалы : учеб. пос. / Н.А. Шабурова. – Челябинск : ЮУрГУ, 2011. – 82 с.
4. Материаловедение : учеб. для вузов / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др.; под общей ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина – 5-е изд. – М. : Изд-во МГТУ, 2003. – 648 с.
5. Солнцев, Ю.П. Материаловедение : учеб. для вузов по металлург., машиностроит. и общетехн. спец. / Ю.П. Солнцев, Е.И. Пряхин. – СПб. : Химиздат, 2004. – 734 с.
6. Рогов В.А. Новые материалы в машиностроении : учеб. пос. / В.А. Рогов, В.В. Соловьев, В.В. Копылов. – М. : Российский ун-т дружбы народов, 2008. – 324 с.
7. Сильман Г.И. Материаловедение : учеб. пос. / Г.И. Сильман. – М. : Академия, 2008. – 336 с.
8. Солнцев Ю.П. Специальные материалы в машиностроении / Ю.П. Солнцев, Е.И. Пряхин, В.Ю. Пирайнен. – СПб. : Химиздат, 2004. – 640 с.
9. Бобович, Б.Б. Неметаллические конструкционные материалы : учеб. пос. для вузов / Б.Б. Бобович. – М. : Московский гос. информационный ун-т, 2009. – 383 с.
10. Материаловедение : практикум / В.И. Городниченко и [др.]; под ред. С.В. Ржевской. – 2-е изд. – М. : Московский гос. горный ун-т, 2000. – 303 с.
11. Глубіш П.А. Органічний синтез : навч. посіб. – У 2-х ч. Ч. 1 / П.А. Глубіш. – К. : ІЗМН, 1997. – 320 с.
12. Кириченко В.І. Загальна хімія : навч. посіб. / В.І. Кириченко. – К. : Вища шк., 2005. – 639 с.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	3
1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ХІМІЇ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	4
1.1. Загальна характеристика конструкційних матеріалів.....	4
1.2. Хімічні особливості неметалевих матеріалів композитної матриці.....	9
1.2.1. Полімери.....	9
1.2.2. Елементорганічні полімери.....	14
1.2.3. Пластмаси.....	14
1.2.4. Гуми.....	15
1.3. Неорганічні полімери.....	16
1.3.1. Скло.....	16
1.3.2. Кераміка.....	18
2. Приклади розв'язування типових задач на визначення хімічної стійкості конструкційних матеріалів.....	21
3. Контрольні завдання.....	23
4. Критерії оцінювання контрольних завдань.....	23
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	25

**Светкіна Олена Юріївна
Лисицька Світлана Майорівна
Полулях Ольга Володимирівна**

ХІМІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

**Методичні рекомендації
для самостійного вивчення та виконання індивідуальних завдань до розділу
«Органічні та полімерні матеріали» дисципліни «Хімія» студентами напряму
підготовки 6.070106 Автомобільний транспорт;
6050503 Машинобудування**

Редактор О.Н. Ільченко

**Підп. до друку 03.03.2016. Формат 30 x 42/4.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 1,5.
Обл.-вид. арк. 1,7. Тираж 30 пр. Зам. №**

**ДВНЗ «Національний гірничий університет»
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.**